

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Di antara semua proses manufaktur, teknologi penempaan memiliki tempat khusus karena membantu menghasilkan bagian-bagian dengan sifat mekanik yang unggul dengan limbah material yang minimal. Dalam penempaan, bahan awal memiliki geometri yang relatif sederhana, bahan ini terdeformasi secara plastis dalam satu atau lebih operasi menjadi produk dengan konfigurasi yang relatif kompleks. (Altan, Taylan. 2004).

*Forging* atau tempa termasuk kedalam proses *metal forming* karena pengerjaannya yang memanfaatkan deformasi plastis pada logam, memanfaatkan gaya yang diterima ketika proses tempa berlangsung. Logam yang dipanaskan diatas temperature rekrisalisasi lebih mudah dibentuk karena melunak, yang kemudian disebut proses *hot forging*.

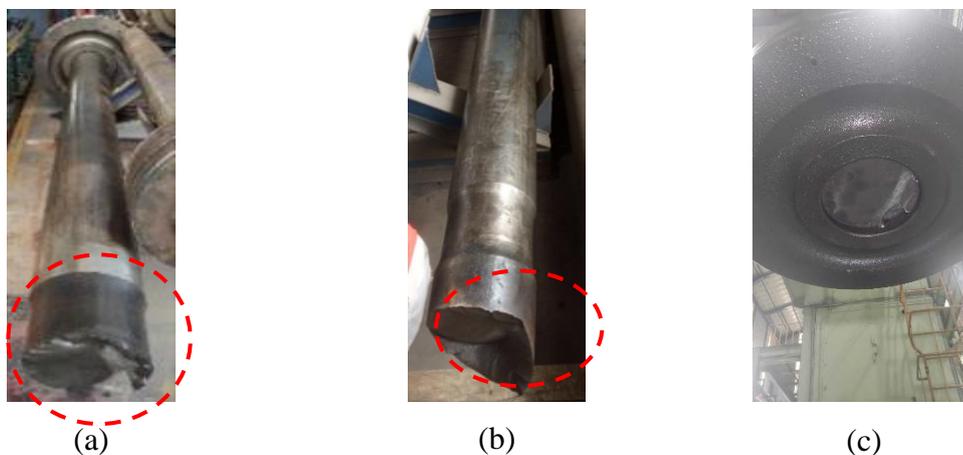
Mesin forging terdiri dari beberapa bagian yang rentan terjadi crack seperti *hammer shaft*, *ram bush*, dan *dies*. Hal ini disebabkan getaran hebat yang muncul setiap kali proses tempa dilakukan, dan menyebabkan pola konsumtif terhadap *sparepart* tersebut. Penggantian *hammer shaft* merupakan yang paling rumit karena upaya maintenance dilakukan pada dua lokasi, yakni *hammer shaft* terhadap mesin dan *hammer shaft* terhadap ram bush. Pergantian *sparepart* ini tentu saja memerlukan banyak waktu.

PT. Komatsu Undercarriage Indonesia mengalami kegagalan pada proses *forging* berupa kerusakan *tool (hammer shaft)*. Yakni pada unit mesin *forging* kapasitas 11 ton, yang beroperasi sejak April 2021. Yang sudah mengalami pergantian *hammer shaft* sebanyak 5 kali hingga April 2022. Setiap *hammer shaft* memiliki masa pakai dan total produk yang bervariasi, dimana hal tersebut dapat disebabkan oleh beragam faktor baik internal maupun eksternal. Kinerja dari masing masing *hammer shaft* dapat diukur dengan waktu dan tonase produk yang dapat dilihat pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Perbandingan total produk dari tiap *hammer shaft*

Piston	Waktu/ Periode	Durasi (hari)		Total Produk (ton)	% Total produk
		Hari	Jam		
1	1 April 2021 - 25 Agustus 2021	147	3528	776.1	15%
2	26 Agustus 2022 - 2 Desember 2021	69	1656	1560	30%
3	3 Desember 2021 - 26 Februari 2022	82	1968	1311	25%
4	26 Februari 2022 - 4 April 2022	37	888	649.3	13%
5	4 April 2022 - 8 Juni 2022	65	1560	867	17%
Total		400	9600	5163.4	100%
Rata-rata		80	1920	1032.68	

Hal ini menarik untuk dilakukan penelitian karena kebaruan mesin *forging* 11 Ton menjadikan ketersediaan penelitian yang masih sedikit. Perpatahan *hammer shaft* mesin *forging* sering terjadi pada bagian *head*, *neck* dan *taper* lihat Gambar 1.1. Titik lokasi perpatahan dapat disebabkan pemusatan konsentrasi tegangan yang terjadi selama proses *forging*. Berbeda dengan usia pemakaian karena dipengaruhi banyak variabel. Saat ini penentuan *lifetime hammer shaft* diambil dari *record* terbaik sebagai acuan performa maksimalnya, namun penelitian ini hanya difokuskan untuk mengetahui penyebab kerusakan yang sebenarnya.



**Gambar 1. 1** Patahan *hammer shaft forging*, a) patah pada *neck*, b) patah pada *taper*, c) patah pada *head*

## 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan diatas, maka dapat dirumuskan pokok permasalahan dari tugas akhir ini, yaitu:

- Penyebab perpatahan pada *hammer shaft* mesin *forging* 11 Ton
- Perbedaan lokasi perpatahan pada *hammer shaft* yang tidak sama.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin di capai dari penelitian ini didasarkan pada rumusan masalah diatas adalah mengetahui penyebab patahnya *hammer shaft* pada mesin forging kapasitas 11 ton, dengan meninjau komposisi dan sifat material *hammer shaft*, dan karakteristik perpatahan.

### 1.4. Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini diberikan batasan-batasan penelitian untuk memfokuskan pembahasan pada permasalahan yang di angkat. Adapun batasan-batasan masalah tersebut diantaranya:

- a. Penelitian dilakukan hanya pada komponen *hammer shaft* mesin *forging* 11 Ton.
- b. Penelitian yang dilakukan bersumber dari data pengamatan yang dilakukan oleh tim *engineering* PT. Komatsu Undercarriage Indonesia.
- c. Pengamatan dilakukan pada penggunaan *hammer shaft* pertama sampai kelima dari mesin forging 11 ton.
- d. Perhitungan/ analisis gaya yang terjadi pada *hammer shaft* tidak termasuk pembahasan.

### 1.5. State of The Art

Dalam studi yang dilakukan oleh Emamverdian, et al. (2021), disajikan dalam karya tulisnya yang berjudul *Current failure mechanisms and treatment methods of hot forging tools (dies)*, menyajikan gambaran kritis tentang mekanisme kegagalan dan perlakuan yang diterapkan untuk meningkatkan integritas permukaan logam yang digunakan dalam proses penempaan panas. Masih belum ada tinjauan komprehensif tentang kegagalan dan metode perbaikan dalam kerangka bersama untuk menunjukkan status penelitian saat ini untuk mencegah kegagalan dalam alat penempaan panas. Dalam studi ini, mekanisme kegagalan dan metode perawatan telah disajikan berdasarkan pengetahuan teoritis dan pengetahuan empiris yang diperoleh dari pengalaman penulis. Makalah ini memberikan perspektif konseptual kegagalan alat penempaan panas, termasuk keausan (keausan abrasif, keausan perekat, oksidasi, dan retak kelelahan termal), retak lelah mekanis, deformasi plastis, dan metode perawatan yang sesuai.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nascimento, M.P., et al (2001), yang disajikan dalam *International Journal of Fatigue*. Tegangan sisa internal secara signifikan

mempengaruhi kekuatan kelelahan bahan yang dilapisi. Diketahui bahwa pelapisan kromium adalah pelapis elektrodposit yang paling banyak dan penting untuk diaplikasikan dalam industri. Kemampuan untuk mengidentifikasi alternatif atau untuk meningkatkan proses elektroplating kromium telah meningkat dalam beberapa tahun terakhir, terkait dengan pengurangan *fatigue* dasar bahan dan persyaratan lingkungan. Efisiensi tinggi dan tingkat kekerasan *chromium plating* bebas fluorida adalah peningkatan dari proses konvensional. Salah satu alternatif yang lebih aman dan bersih bagi lingkungan untuk pengersan *chromium plating* adalah tungsten *carbide thermal spray coating* yang diaplikasikan dengan proses *High Velocity Oxy-Fuel* (HVOF). Untuk menambah ketahanan kelelahan material berlapis krom, ketebalan lapisan dan kepadatan *microcracks* merupakan parameter penting untuk dikendalikan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis efek pada baja AISI 4340, dalam perilaku kelelahan lentur berputar, dari lapisan semprot termal tungsten karbida, dibandingkan dengan *hard chromium plating*. Hasil uji kelelahan lentur rotasi menunjukkan kinerja yang lebih baik untuk krom keras konvensional pelapisan dalam kaitannya dengan *hard chromium plating* yang dipercepat. Pelapisan semprot termal tungsten karbida dan dipercepat dengan pengerasan *chromium plating* diatas nikel menghasilkan kekuatan leleh yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sampel krom keras konvensional atau dipercepat berlapis.

Dalam studi yang dilakukan oleh Li. H.F., Zhang. P dan Zhang. Z.F. (2021), dalam penelitiannya yang berjudul *Mekanisme Pertumbuhan Retak Lelah Baru dari Baja Kekuatan Tinggi*. Mengungkapkan bahwa prosedur evolusi kerusakan retak leleh baja kekuatan tinggi AISI 4340 dipelajari secara sistematis secara quasi-in-situ melalui teknologi sinar-X tiga dimensi dan pemindaian mikroskop elektron. Ditemukan bahwa kekasaran permukaan dan keseragaman pertumbuhan retak pada baja dengan ketangguhan tinggi lebih tinggi daripada baja dengan ketangguhan rendah. Efek bifurkasi retak dan penutupan retak akan memperpanjang retak efektif, karenanya laju pertumbuhan retak leleh efektif/ *fatigue crack growrt* (FCG) menurun disebabkan karakteristik pertumbuhan retak diatas pada baja dengan ketangguhan tinggi. Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis teoritis, diusulkan mekanisme FCG baru, yaitu mekanisme campuran tumpul dan *re-sharpening* menjadi *micro-scale void coalescence* (BRS MVC). Beberapa rongga skala mikro yang dimulai di dekat ujung retakan akan dikelilingi oleh

ujung retak yang tumpul di zona  $\Delta K$  rendah, yang dikendalikan oleh mekanisme BRS. Lebih banyak kelompok rongga skala mikro akan terjadi disekitar ujung retakan di zona  $\Delta K$  tinggi, yang mungkin dikaitkan dengan mekanisme MVC. Mekanisme FCG yang baru memberikan perspektif unik untuk perilaku FCG dari baja berkekuatan tinggi, yang dapat meningkatkan prediksi umur fatik bahan logam.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nakagawa, et al (2015). Dijelaskan bahwa, untuk memastikan daya tahan jangka panjang dari struktur mekanis, sifat fatik dari komponen struktural harus diklarifikasi dalam jangka waktu yang panjang seperti rezim *gigacycle*. Pengujian fatik lentur berputar dalam rezim siklus yang sangat tinggi dilakukan untuk baja nikel kromium molibdenum untuk penggunaan struktural mesin (Kode Bahan JIS: SNCM439) dalam penelitian ini. Berdasarkan lokasi inisiasi retak lelah, mode fraktur diklasifikasikan ke dalam tiga jenis, seperti berikut: (1) fraktur permukaan biasa, (2) cacat permukaan (inisiasi retakan) dan (3) inklusi pada bagian dalam kemudian terinisiasi retakan berkelanjutan. Dalam diagram S-N, data eksperimen pada retakan permukaan yang biasa muncul pada tingkat tegangan yang lebih tinggi dengan siklus pembebanan yang lebih sedikit, sedangkan data pada dua retakan lainnya muncul pada tingkat tegangan yang lebih rendah dengan siklus pembebanan yang lebih banyak. Dengan demikian, properti S-N dupleks dikonfirmasi untuk baja ini dalam rezim umur yang sangat panjang. Untuk memperjelas mekanisme kelelahan fraktur yang diprakarsai inklusi dalam, evaluasi kuantitatif dilakukan dengan menerapkan rentang faktor intensitas tegangan. Proses inisiasi dan propagasi retak fatik pada retakan dalam yang disebabkan inklusi interior dibagi menjadi empat tahap: pembentukan *fine granular area* (FGA) karena inisiasi dan pelepasan *micro-debondings*, pembentukan *fish-eye* disebabkan *penny-shape crack propagation*, perambatan retak pada permukaan, dan final *fracture*.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Berikut sistematika penulisan untuk memudahkan memberi gambaran apa saja yang dimuat dalam laporan tugas akhir ini, sebagai berikut :

## **BAB I. PENDAHULUAN**

Dalam bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, state of the art bidang penelitian material *hammer shaft forging* kapasitas 11 Ton, dan sistematika penulisan.

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini akan menjelaskan tentang refrensi pustaka yang mendukung penelitian tugas akhir ini. Sebagai landasan penelitian dalam bentuk teori maupun formula.

## **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini berisi tentang diagram alir, metodologi penelitian dan penjelasan diagram alir penelitian material *hammer shaft*.

## **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini membahas tentang hasil analisa material dari *hammer shaft forging* kapasitas 11 Ton, dengan *hammer shaft* sebelumnya sebagai pembanding.

## **BAB V. KESIMPULAN**

Dalam bab ini berisikan kesimpulan dari hasil analisa material pada bab sebelumnya dalam bentuk *statement*.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi daftar refrensi tertulis yang digunakan penulis untuk mendukung penyelesaian penelitian ini.

## **LAMPIRAN**

Berisi data utuh yg tidak dapat ditampilkan didalam penulisan proposal tugas akhir ini.